

Projektresultate: TeKaVe

„Technologieneutrale Kapazitätsmechanismen für eine Versorgungssichere Energiezukunft“

TARA ESTERL
tara.estrl@ait.ac.at

STEFAN STRÖMER
stefan.stroemer@ait.ac.at

Dieses Projekt wird im Rahmen der Ausschreibung „Energie.Frei.Raum“ des Bundesministeriums Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft (BMLUK) durchgeführt. Die Abwicklung erfolgt im Auftrag des BMLUK durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG).

Kern-Fragestellungen

Welchen Beitrag können Kapazitätsmechanismen leisten, um die Versorgungssicherheit in einem dekarbonisierten Energiesystem kosteneffizient zu unterstützen und wie können sie effektiv gestaltet werden?



Problemfelder im aktuellen EOM

Qual. & quantitative Analyse: Bietet der EOM ausreichend Investitionsanreize?



Regulatorik

Rechtliche Analyse: Welche rechtlichen Anforderungen an KMs gibt es?



KMs in Europa

Europäischer Überblick: Welche KMs sind in Europa verbreitet und welche Lehren für die Ausgestaltung in Österreich lassen sich daraus ableiten?



Marktmodell

Komplexe Interaktionen: Welche Schlüsse – und welche Empfehlungen – lassen sich aus dem Zusammenspiel vielfältiger Technologien und Mechanismen ableiten?

Kern-Ergebnisse

Welchen Beitrag können Kapazitätsmechanismen leisten, um die Versorgungssicherheit in einem dekarbonisierten Energiesystem kosteneffizient zu unterstützen und wie können sie effektiv gestaltet werden?



Problemfelder im aktuellen EOM

Unter aktuellen Bedingungen können bestehende (und zukünftige) Akteure und Technologien die nötigen Deckungsbeiträge nicht mehr gesichert erwirtschaften.



Regulatorik

Eine Orientierung an einer "europäischen Linie" unterstützt die Harmonisierung und ermöglicht eine beschleunigte Genehmigung.



KMs in Europa

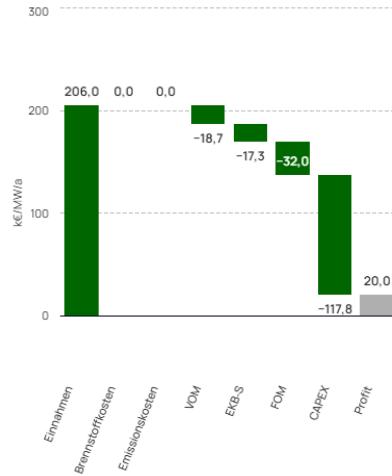
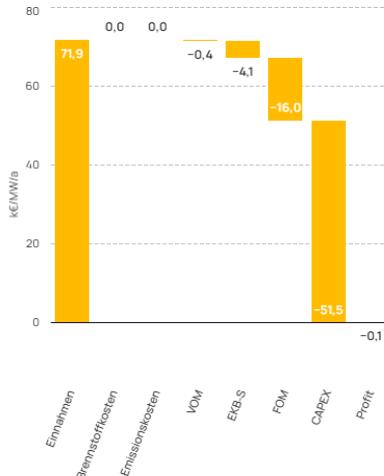
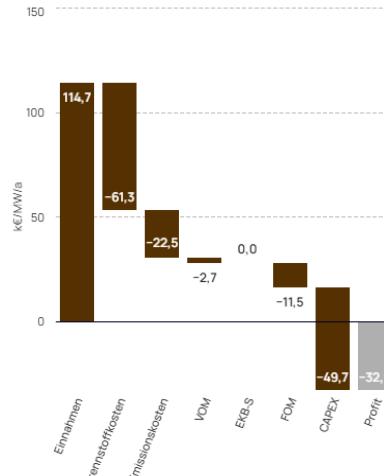
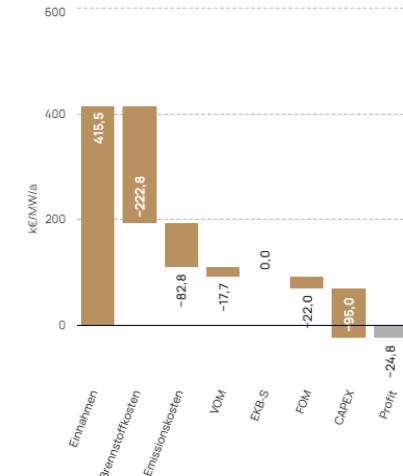
Zur Vermeidung von Lock-in Effekten ist eine Technologieinklusivität anzustreben. Details wie Flexibilitätsanreize, regionale Komponenten, etc. sind sorgfältig zu gestalten.



Marktmodell

Komplexe Interaktionen: Welche Schlüsse – und welche Empfehlungen – lassen sich aus dem Zusammenspiel vielfältiger Technologien und Mechanismen ableiten? Ein marktbasierter Kapazitätsmechanismus zeigt sich als attraktivste Lösung

Beispiel: Simulationsergebnisse für 2024

WIND**PV****ERDGAS OCGT*****ERDGAS CCGT***

In der **aktuellen System- und Marktlage**
 kann PV nicht ausreichend DB erwirtschaften.

Es sind weiterhin **Förderungen** für Wind + PV nötig.

Auch CCGTs können in der **aktuellen System- und Marktlage**
 (hohe RES-Durchdringung) kaum Gewinne rein durch eine
 Teilnahme am EOM erwirtschaften.

EKB-S = Energiekrisenbeitrag-Strom, VOM = Variable betriebsabhängige Kosten, FOM = Fixe Betriebs- und Instandhaltungskosten, CAPEX = Jährliche Kapitalkosten
 DB = Einnahmen – Brennstoffkosten – Emissionskosten – VOM

*Theoretische Betrachtung: Kraftwerkseinsatz erfolgt basierend auf den Grenzkosten.

Marktmodellierung

Auswirkung unterschiedlicher Kapazitätsmechanismen auf den österreichischen Strommarkt und die Versorgungssicherheit

Marktmodellierung



Implementierung eines neuartigen österreichischen Strommarktmodells – ausgehend vom Bestand im Jahr 2030 hin zum **Zieljahr 2040** – mit detaillierter Abbildung von bestehenden **Märkten** (Day-Ahead, Regelreserve), existierenden **Instrumenten** (Marktpremie, EKB-S), sowie neuen volumsbasierten **Kapazitätsmechanismen**.

**STRATEGISCHE
RESERVE**

(SR)

**AUSSCHREIBUNG F.
NEUE KAPAZITÄT**

(Tender)

**ZENTRALER
KAPAZITÄTSMARKT**

(zKM)

Modellierte Kapazitätsmechanismen

STRATEGISCHE RESERVE

(SR)

- Die **Ausschreibung** erfolgt **modellendogen**, ebenso wie die **Aktivierung**, die erfolgt falls das obere **Preislimit** erreicht wird und keine vollständige Markträumung möglich ist.
- Bestehende thermische Kraftwerke können sich für eine Teilnahme entscheiden, werden dadurch jedoch von anderen Märkten ausgeschlossen.

AUSSCHREIBUNG F. NEUE KAPAZITÄT

(Tender)

- Teilnahmeberechtigt sind **neu errichtete Speicher und Erzeugungstechnologien** die das Emissionslimit von 550 gCO₂/kWh nicht überschreiten.
- Aufgrund der völligen Ausschöpfung durch erneuerbare Erzeugung (v. a. PV), ohne ausreichenden Einfluss auf die Versorgungssicherheit, im Folgenden **eingeschränkt auf flexibel steuerbare Anlagen**.

ZENTRALER KAPAZITÄTSMARKT

(zKM)

- Teilnahmeberechtigt sind **bestehende und neue Kapazitäten**, die das Emissionslimit von 550 gCO₂/kWh nicht überschreiten (inklusive **flexibler Nachfrage**).
- **Reliability Options** sind aktiv (Strike Preis = Grenzkosten eines H2-OCGT).

Kernaussagen der Modellierung

Auswirkung unterschiedlicher Kapazitätsmechanismen auf den österreichischen Strommarkt und die Versorgungssicherheit

Marktmodellierung



✗ Der **Energy-Only-Markt** scheitert am **Ausbleiben ausreichender Knappheitspreise** und kann die Versorgungssicherheit nicht gewährleisten (**Lastunterdeckung: 10 bis 130 GWh/a**). Das hinreichende Auftreten von Knappheitspreisen ist aufgrund politischer und regulatorischer Unsicherheiten ungewiss.



✗ Eine reine **Strategische Reserve** scheitert am beschränkten Volumen der Teilnehmer:innen in Österreich und zeigt **negative Auswirkungen** auf den Day-Ahead Markt (hohe **Preisspitzen** mit durchschnittlichen Preisen die **22%** höher als im Kapazitätsmarkt liegen).



✗ Eine **Ausschreibung für neue Flexibilität** zeigt die geringsten Kosten für Verbraucher (-7% vgl. EOM), bewirkt jedoch erhebliche **marktverzerrende Auswirkungen** (Reduktion der Profite von Kurzfristspeichern um 73%).



✓ Ein Kapazitätsmarkt stellt eine **effiziente** und **ausgewogene Lösung** dar (weniger als "**+2% Gesamtkosten**" für Nachfragedeckung, nur **6% Profitverlust** für Kurzfristspeicher) und **pos. Effekt auf Wasserstoffsektor**.

Lücken in der Versorgungssicherheit

KPI	Einheit	Energy-Only	Energy-Only	Strategische Reserve
EENS	GWh/a	10	130	40
LOLE	h/a	8	110	40

Security
of Supply

Unter der Annahme
eines "idealen" Marktes



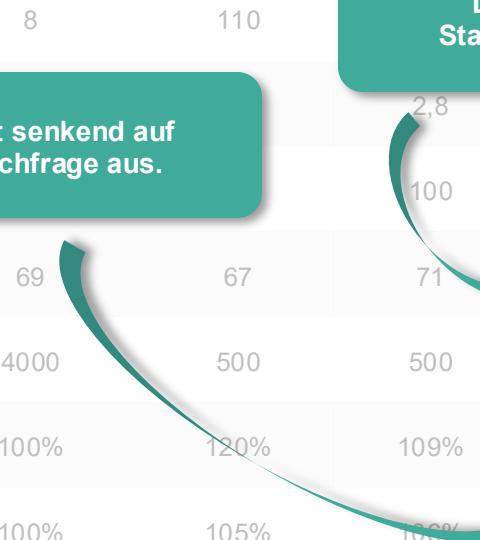
Unter "realistischen" Annahmen:
Akteure erwarten Eingriffe in Preise/Profite
(hier: ab einer Höhe von 500 €/MWh)

Resultate: System- & Marktüberblick

	KPI	Einheit	EOM opt.	EOM pess.	SR	Tender	zKM	SR+Tender
Security of Supply	EENS	GWh/a	10	130	40	0	0	0
Kapazitätsmarkt	LOLE	h/a	8	110	2,8	8	15	2,8 / 5
Day-Ahead Markt	Preis (avg.)	€/MWh	69	67	100	74	86	50 / 63
Nachfrage deckung	Preis (max.)	€/MWh	4000	500	500	59	58	62
	Gesamtkosten* (VoLL 13.000 €/MWh)	%	100%	120%	109%	475	360	500
	Gesamtkosten* (VoLL 3.000 €/MWh)	%	100%	105%	100%	93%	101%	97%
						94%	102%	98%

Der Kapazitätsmarkt zeigt den größten Stabilisierungseffekt auf Day-Ahead Preise.

Der Tender wirkt sich signifikant senkend auf die Kosten zur Deckung der Nachfrage aus.



* Enthält: Energiekosten (Day-Ahead) sowie alle anfallenden Policy-Kosten (KM, Regelreserve, VoLL, Marktprämie) und Policy-Erlöse (Marktprämie, EKB-S, Reliability Options).

Resultate: Details & Folgen

KPI	Einheit	EOM opt.	EOM pess.	SR	Tender	zKM	SR+Tender
OCGT	MW	3000	560	850	560*	560*	560
CCGT							5700
H2-OCGT							-
H2-CCGT	MW	-	-	-	-	-	-
Installierte Leistung von kurzf. Flexibilität	%	0%	0%	0%	+75%	+10%	+17%
Auswirkung a. Profite von Kurzfristspeicher	%	0%	-26%	-18%	-73%	-6%	-57%
Auswirkung a. Kosten von flex. Nachfrage	%	0%	0%	-3%	+12%	-17%	+7%
Auswirkung auf CO ₂ Emissionen	%	0%	+2%	+1%	-58%	-27%	-31%

* Technologie operiert nicht kostendeckend und könnte - in Abhängigkeit der Risikobereitschaft der Betreiber:in – stillgelegt werden.

Ausgestaltung eines Kapazitätsmarkts

Lessons Learned aus europäischen Kapazitätsmechanismen für einen österreichischen Kapazitätsmarkt.

Ausgestaltung



Lock-in Effekte (bestehender) fossiler Kapazitäten müssen **vermieden** werden, um die Energie- und Klimaziele zu erreichen.



Technologie-Inklusivität muss bei der Ausgestaltung beachten werden, um die (zukünftige) Flexibilitätsaufbringung zu unterstützen.



Regionale Komponenten sind möglich, aber komplex in der Umsetzung. Aufwand vs. **Nutzen ist fraglich**.



Eine **Harmonisierung** ist zu empfehlen; die Ausgestaltung sollte sich an den Kriterien im **CISAF** orientieren.

Notizen